

ПРИСТРІЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ З ВИПАДКОВИМ ПЕРЕМИКАННЯМ КАНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод покращення динамічного діапазону аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Запропоновано використання випадкового перемикавання каналів перетворення з формуванням двох підгруп каналів та подальшим обробленням вихідного сигналу АЦП у частотній області. Розроблено структурну схему пристрою аналого-цифрового перетворення з випадковим перемиканням каналів. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 12-розрядного паралельного АЦП на 9 – 15 дБ залежно від значення часової нестабільності вихідного сигналу перетворювача.

Ключові слова: пристрій аналого-цифрового перетворення, часова нестабільність, динамічний діапазон

Abstract

The paper presents a method for improving the dynamic range of analog-to-digital converters (ADCs). It is proposed to use random switching of conversion channels with the formation of two subgroups of channels and subsequent processing of the ADC output signal in the frequency domain. A structural diagram of an analog-to-digital conversion device with random channel switching is developed. An analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that thanks to the developed method, it is possible to expand the dynamic range of a 12-bit parallel ADC by 9 – 15 dB, depending on the value of the time instability of the converter output signal.

Keywords: analog-digital conversion device, temporal instability, dynamic range

Вступ

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) сигналів знаходять широке використання в сучасних інфокомунікаційних системах. Для підвищення швидкодії АЦП використовується метод розпаралелювання каналів аналого-цифрового перетворення з подальшим їх мультиплексуванням на виході. Такий метод передбачає використання дискретизації паралельно ввімкнених M каналів аналого-цифрового перетворення, що дає можливість підвищити частоту дискретизації АЦП в M разів [1, 2].

В АЦП, що побудований на базі паралельно ввімкнених каналів аналого-цифрового перетворення, дискретизація вхідного сигналу супроводжується часовими затримками в трактах АЦП. Нестабільність часових затримок у кожному з каналів аналого-цифрового перетворення призводить до звуження реального динамічного діапазону АЦП [3]. Розробка інфокомунікаційних систем, що обробляють високочастотні сигнали, обумовлює актуальність дослідження пристроїв аналого-цифрового перетворення з розширеним динамічним діапазоном.

Метою роботи є розширення динамічного діапазону АЦП за рахунок використання випадкового перемикавання каналів перетворення з подальшим обробленням вихідного сигналу у частотній області.

Результати дослідження

У типовій структурі паралельного АЦП використовується M каналів перетворення, що характеризуються періодом дискретизації MT_s . На виході АЦП формуються відліки сигналу $y[n]$ з періодом дискретизації T_s . При використанні випадкового перемикавання каналів для збереження мінімального періоду дискретизації T_s в структуру АЦП потрібно ввести R додаткових каналів перетворення.

Цифровий спектр вихідного сигналу паралельного АЦП містить M груп частотних складових, що накладаються між собою та рівномірно розподілені по осі частот. АЦП з випадковим перемика-

ням каналів формує послідовність вибірок $z_n \in [0, 1, \dots, M + R - 1]$. Загальне число вибірок АЦП залежить від обсягу оперативного запам'ятовувального пристрою на виході та дорівнює

$$N = (M + R)L. \quad (1)$$

З усієї групи наявних каналів паралельного АЦП: $[0, 1, \dots, M + R - 1]$, будемо дві підгрупи з відповідними похибками часових нестабільностей Δt_{m_a} і Δt_{m_b} . Розмір кожної підгрупи дорівнює $0,5 \cdot (M + R)$. Вважаючи, що всі парні індекси z_{2n} є елементами підгрупи a та всі непарні індекси z_{2n+1} є елементами підгрупи b , функцію передачі АЦП можна представити у такому вигляді:

$$F_{N/2}(j\omega) = -\frac{j\omega}{N} \sum_{m=0}^{\frac{M+R}{2}-1} (\Delta t_{m_a} - \Delta t_{m_b}). \quad (2)$$

З виразу (2), що $F_{N/2}(j\omega)$ визначається різницею сумарних похибок часових нестабільностей

каналів підгрупи a та каналів підгрупи b . Слід зазначити, що для формування підгруп необхідна наближена оцінка похибок часових нестабільностей каналів АЦП, тому сам процес оцінювання похибок не вимагає суттєвих часових затрат. Процес аналого-цифрового перетворення з випадковим перемиканням каналів та формуванням двох груп каналів з відповідними похибками часових нестабільностей передбачає чергову роботу каналів АЦП: спочатку з підгрупи a , а потім з підгрупи b .

Аналіз динамічного діапазону запропонованого АЦП дозволяє стверджувати, що зі збільшенням числа каналів АЦП динамічний діапазон покращується і для випадку, коли $m_t = 0,03$ цей параметр зростає з 57 дБ для 2-канального АЦП до 66 дБ для 16-канального АЦП, а якщо $m_t = 0,3$, спостерігається ще краща динаміка зростання динамічного діапазону, а саме: з 44 дБ до 59 дБ.

Висновки

У роботі представлено метод покращення динамічного діапазону паралельних АЦП. Запропоновано використання випадкового перемикання каналів перетворення з формуванням двох підгруп каналів та подальшим обробленням вихідного сигналу АЦП у частотній області.

Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 12-розрядного АЦП на 9 – 15 дБ залежно від значення часової нестабільності вихідного сигналу перетворювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Кичак В.М., Стальченко О.В. Аналого-цифрові тракти комп'ютерних систем з цифровим обробленням високочастотних сигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2016. – 140 с.
2. Бортник Г.Г., Бортник С.Г., Кичак В.М. Методи та засоби аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів: монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 128 с.
3. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів : монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 168 с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Бриль Михайло Романович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mishkabrill@gmail.com

Чубатюк Сергій Васильович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ppifoxtrout@gmail.com

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Bryl Mykhailo Romanovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mishkabrill@gmail.com

Chubatiuk Serhii Vasylovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ppifoxtrout@gmail.com